

**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HULEVESIVIEMÄRIN RAKEN- TAMINEN PAALULAATALLE

TEKIJÄ: Teemu Partanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Teemu Partanen			
Työn nimi Hulevesiviemärin rakentaminen paalulaatalle			
Päiväys	5.1.2015	Sivumäärä/Liitteet	31
Ohjaaja(t) Juha Pakarinen, päätoiminen tuntiopettaja ja Raimo Lehtiniemi, lehtori			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Suomen Maastorakentajat Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä käsiteltiin hulevesiviemärin rakentamista paalulaatalle. Esimerkkikohteena työssä on Kuopion Matkakeskuksen työmaa, jossa suoritettiin infran saneeraus vuosina 2013-2014. Kohteessa hulevesiviemäri perustettiin paalulaatalle vaikeiden pohjaolosuhteiden vuoksi. Tavoitteena oli tehdä raportti paalulaatalle rakennettavan hulevesiviemärin työvaiheista, jota voitaisiin jatkossa hyödyntää vastaavanlaisten työkohteiden toteutuksessa ja tehtävän suunnittelussa.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa tarkasteltiin hulevesirakentamisen pääperiaatteet ja rakentamisessa käytettävät materiaalit. Työssä käsiteltiin myös pohjatutkimusmenetelmiä, jotta muodostuu käsitys siitä, millä perusteilla perustusmenetelmä valitaan. Työ toteutettiin kesällä 2014 kerätyn aineiston, kuten työmaapäiväkirjan ja kuvamateriaalin, sekä työkokemuksen pohjalta. Teoriaosuuden lähdemateriaalina käytettiin eri infra-alan julkaisuja, pääasiassa InfraRYI 2010:ä.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena valmistui suunnitelmien mukainen raportti paalulaatalle perustettavan hulevesiviemärin työvaiheista. Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää jatkossa vastaavanlaisten urakoiden toteutuksessa.</p>			
Avainsanat Paalulaatta, hulevesiviemäri			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Teemu Partanen			
Title of Thesis Construction Of Stormwater Drain On Pile Cap			
Date	5 January 2015	Pages/Appendices	31
Supervisor(s) Mr. Juha Pakarinen, Lecturer and Mr. Raimo Lehtiniemi, Lecturer			
Client Organisation /Partners Suomen Maastorakentajat Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to make a report of the construction of a storm water drain on a pile cap. The thesis was based on the construction site of Kuopio`s Travel Centre completed by Suomen Maastorakentajat (construction company from Kuopio) in years 2013- 2014. The ground conditions of the travel centre were very poor, and for that reason the stormwater drain was built on the pile cap. The aim of the thesis was to create a comprehensive study that could be utilized in the implementation and task planning of similar construction projects.</p> <p>The theoretical framework covered the main principles of stormwater drain construction and the materials used. Site investigation methods were also studied. The thesis was based on practical work experience gained and a diary which was kept during the summer of 2014. The theoretical source material was mostly from InfraRYL 2010.</p> <p>As a result of this thesis a report according to the plans was written. The thesis can be used for implementation and task planning in the future for similar construction projects.</p>			
Keywords Stormwater drain, Pile cap			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Työn taustat ja tavoitteet	6
1.2	Suomen Maastorakentajat Oy	6
2	HULEVESIRAKENTAMINEN	7
2.1	Hulevesiviemäreiden käyttötarkoitus ja mitoitusperusteet	7
2.2	Putkilinjojen perustamistavat	8
2.3	Hulevesiviemäreissä käytettävät materiaalit	9
2.4	Ek-järjestelmä	10
3	POHJATUTKIMUKSET	11
3.1	Geotekninen luokitus	11
3.2	Pohjatutkimusmenetelmät	11
4	TYÖVAIHEET RAKENNETTAESSA PAALULAATALLE	12
4.1	Kaivannon tukeminen teräsponttiseinän avulla	12
4.2	Paalutus	13
4.3	Kaivu	13
4.4	Raudoitus ja betonointi	14
4.5	Nostot	15
5	HULEVESILINJAN RAKENTAMINEN MATKAKESKUKSEN TYÖMAALLE	16
5.1	Urakan esittely	16
5.2	Pohjaolosuhteet	16
5.3	Hulevesiviemärin rakentamisen työvaiheet	17
5.3.1	Pontitus ja paalutus	17
5.3.2	Kaivu	19
5.3.3	Raudoitus ja betonointi	20
5.3.4	Putkien ja kaivojen asentaminen	22
5.3.5	Täyttö	23
5.4	Kaapelit	24
5.5	Mittaukset	25
6	TYÖTURVALLISUUS JA LIIKENNEJÄRJESTELYT MATKAKESKUKSEN TYÖMAALLA	26
6.1	Työturvallisuus	26
6.2	Liikennejärjestelyiden lähtökohdat ja toteutus	26

7 YHTEENVETO.....	28
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	30

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustat ja tavoitteet

Kaupunkialueet laajenevat Suomessa kovaa vauhtia. Helposti rakennettavat maaperät alkavatkin monin paikoin käydä vähiin. Siitä johtuen joudutaan yhä useammin rakentamaan vaikeissa pohjaolosuhteissa. Vesihuoltorakentamisessa paalulaatalle rakentaminen on yleistynyt perustusvaihtoehto. Opinnäytetyöni käsittelee hulevesiviemärin rakentamista paalulaatan päälle.

Teoriaosuudessa kerron yleisesti hulevesirakentamisesta, siinä käytettävistä materiaaleista ja työmenetelmistä. Käytännönsuudessa käsittelem Kuopion Matkakeskukselle rakennetun paalulaattaperusteisen hulevesiviemärin työvaiheet. Työn tavoitteena on tehdä kattava raportti työvaiheista ja mahdollisuuksien mukaan esittää työtekniisiä kehitysideoita. Tavoitteena on tehdä raportti, jota voidaan hyödyntää jatkossa vastaavanlaisisten kohteiden toteutuksessa ja tehtävänsuunnittelussa. Yhteenvetoon kokoon tärkeimmät huomioitavat asiat hulevesiviemäriä paalulaatalle perustettaessa.

Sain idean opinnäytetyöhöni kesällä 2014 työskennellessäni Suomen Maastorakentajat Oy:llä. Työkohteena minulla oli Kuopion Matkakeskus, jossa suoritettiin alueen infran saneeraus. Kohteessa hulevesiviemäri rakennettiin paalulaatan päälle huonojen pohjaolosuhteiden takia. Työskentelin kyseisellä työmaalla kahtena peräkkäisenä kesänä, ensimmäisenä kesänä työntekijänä ja jälkimmäisenä työnjohtoharjoittelijana. Hyödynnän työssäni kesän aikana täytettyä työmaapaiväkirjaa ja kuvamateriaalia työn toteutukseen, kustannusten hallintaan ja laadunvalvontaan liittyen. Teoriaosuudessa käytän lähteenä eri infra-alan julkaisuja, pääasiassa InfraRYL 2010:a.

1.2 Suomen Maastorakentajat Oy

Suomen Maastorakentajat Oy on vaativaan infrarakentamiseen keskittyvä yritys. Se on perustettu vuonna 1987 ja sen toiminta-alueena on ollut pääasiassa Keski- ja Itä-Suomi. Elokuun alussa 2014 Suomen Maastorakentajat yhdistyi Andament Oy:n kanssa, ja fuusiossa syntyi yritys, joka kantaa nimeä Suomen Maastorakentajat Oy. Fuusion jälkeen liikevaihto on noin 40 miljoonaa ja työntekijöitä on noin 140, kahdeksalla eri paikkakunnalla. Toiminta-alueena on pääasiassa Väli-Suomi. Suomen Maastorakentajat Oy kuuluu infrastruktuuripalveluihin erikoistuneeseen Andament Group- konserniin, joka koostuu kuudesta eri toimialoille erikoistuneesta tytäryhtiöstä. Koko konsernin liikevaihto on noin 100 miljoonaa ja henkilöstömäärä on 267. (Suomen Maastorakentajat Oy 2014.)

Suomen Maastorakentajat Oy on keskittynyt maa-, vesi-, silta- ja teollisuusrakentamiseen. Tavoitteena on saavuttaa laadukas tilaajan toiveet täyttävä lopputulos työntekijöiden hyvinvointi ja ympäristö huomioiden. Maastorakentajat on Infra ry:n ja Rakentamisen laatu ry:n (RALA) jäsen. Lisäksi yritys kuuluu tilaajavastuu.fi-palvelun piiriin. (Suomen Maastorakentajat Oy 2014.)

2 HULEVESIRAKENTAMINEN

2.1 Hulevesiviemäreiden käyttötarkoitus ja mitoitusperusteet

Hulevedellä tarkoitetaan sade- ja sulamisvettä, joka ei ympäristön olosuhteista johtuen pääse imeytymään maaperään. Hulevesiä muodostuu eniten kaupunkiympäristössä, jossa rakennetut pinnat kuten asfalttipäällysteiset tiet ja rakennusten katot estävät veden imeytymisen maaperään. Hulevesirakentamisen avulla hulevedet ohjataan oikeaan paikkaan esimerkiksi jokeen tai järveen. Kaupunkialueilla yleisin tapa hallita hulevesiä on katujen alle rakennetut hulevesiviemärit, jotka kaivojen avulla keräävät veden ja ohjaavat sen eteenpäin, esimerkiksi järveen. Nykypäivän kaupunkiympäristössä on yleistynyt myös luonnonmukainen hulevesien käsittely. Siihen kuuluu oleellisena osana erilaiset istutus- ja hulevesialueet, niiden avulla hulevedet imeytyvät maaperään luonnonmukaisesti. (Ympäristöhallinto 2014.)

Huleveden laatuun vaikuttaa eniten paikka, jossa se muodostuu. Yleisimmät huleveden laadun heikentäjät ovat maasta huuhtoutuvat haitta-aineet, kuten öljy, typpi, fosfori ja erilaiset raskasmetallit. Myös ilmansaasteet heikentävät merkittävästi huleveden laatua. Alueille, joissa huleveteen pääsee huomattavia määriä haitta-aineita, rakennetaan usein erilaisia erotinjärjestelmiä joiden läpi vesi ohjataan ennen sen päästämistä takaisin luontoon. Yleisiä paikkoja erotinjärjestelmille ovat erilaiset pysäköintialueet ja liikennekentät. (Ympäristöhallinto 2014.)

Hulevesiviemärit mitoitetaan niin, että ne pystyvät johtamaan pois mitoitusasteen aiheuttaman vesimäärän. Mitoitusasteen rankkuuden määrittää paikka, johon viemäriä ollaan rakentamassa. Esimerkiksi Kuopiossa käytetään yleisesti mitoitusasteena kerran kahden vuoden aikana toistuvaa sadetta, joka kestää 10 min, sen rankkuus on 160 l/s/ha. Mitoitusasteen avulla voidaan määrittää viemärin mitoitusvirtaama, kun huomioidaan valuma-alueen pinta-ala ja maan pintamateriaalista johtuva valumakerroin. Mitoitusvirtaama on tärkeä tekijä putkikokoa valittaessa. Hulevesiviemäreitä ei ole taloudellisesti järkevää ylivoimistaa, siitä johtuen viemärit tulvivat ajoittain rankimpien sateiden yhteydessä. Tulvia varten suunnitellaan myös tulvareitit. (InfraRYL 2012.)

Hulevesilinjassa käytettävien putkien koko määräytyy mitoitusvirtaaman, pituuskaltevuuden ja putkimateriaalin perusteella. Putkimateriaaliksi valitaan yleensä urakan kannalta kokonaistaloudellisin ratkaisu. Putket pyritään sijoittamaan routarajan alapuolelle, jotta routaeristämistä vältetään. Tarkempaa tietoa hulevesiviemäreiden mitoitusperusteista löytyy Suomen kuntatekniikka yhdistyksen julkaisusta KATU 2002. (InfraRYL 2012.)

2.2 Putkilinjojen perustamistavat

Putkilinjojen perustamistapa määräytyy rakennettavan alueen pohjaolosuhteiden mukaan. Perustamiskanteilla tarkoitetaan rakenteita, jotka ovat putken asennusalustan alapuolella. Ihanteellisissa olosuhteissa putkilinja voidaan perustaa suoraan pohjamaan päälle rakennetun asennusalustan vaaraan. Yleensä pohjamaan kantavuus ei kuitenkaan täytä tarvittavia vaatimuksia, silloin putkilinja perustetaan arinarakenteelle tai paaluperusteiselle rakenteelle. Käytettäviä arinatyyppejä ovat kiviaines-, teräslevy-, puu- ja teräsbetoniarina. (InfraRYL 2010a.)

Kiviainesarina rakennetaan suunnitelmien mukaisesti kuivalle ja sulalle alustalle. Tarvittaessa lumi ja jää poistetaan kaivannosta. Materiaalina käytetään soraa tai murskettä, jonka rakeisuus on 0/32 mm. Suurin sallittu raekoko on 2/3 arinan paksuudesta, mutta kuitenkin suurimmillaan 150 mm. Kun putkilinjaa rakennetaan tie- tai katualueelle, jossa maaperä on routivaa, on kiviainesarinan paksuuden oltava vähintään 300 mm. Mikäli arinan yläpinta jää siirtymäkiila-alueen yläpuolelle ja pohjaa on erittäin routivaa, on arinan paksuuden oltava vähintään 500 mm. Mikäli suunnitelmat vaativat suodatinkankaan käyttöä arinamateriaalin ja pohjamaan välissä, suodatinkankaan käyttöluokka on valittava rakennettavan kohteen mukaan. Katurakenteissa käytetään vähintään käyttöluokan N2 suodatinkangasta, tierakenteissa N3 ja ratarakenteissa N4. Kiviainesarina tiivistetään maataäyryttimellä enintään 300 mm:n kerroksina. Valmiin arinan tiivistysaste tulee olla suunnitelmien mukainen, lisäksi suurin sallittu epätasaisuus kolmen metrin matkalla on ± 20 mm. Leveyden poikkeama saa olla enimmillään $+0,2$ m ja paksuuden $+0,1$ m. (InfraRYL 2010a.)

Teräslevyarina rakennetaan kuumasinkitystä poimulevystä, joka on paksuudeltaan vähintään $0,7$ mm. Kaivanto kaivetaan $0,15$ m rakennettavan putkilinjan tason alapuolelle. Kiviainesmateriaalina käytetään hiekkaa, hiekkamoreenia tai soraa. Samaa materiaalia käytetään kaivannon reunan ja arinan ulkosivun väliin jäävän alueen täyttämiseen. Arinalevyt nostetaan kaivantoon ja painetaan niin, että levyn alapuoliset poimut uppoavat pohjamaahan. Levyt asennetaan niin, että ne limittyvät poikittaissuunnassa vähintään 200 mm ja pituussuunnassa 500 mm. Jos arina on huomattavan leveä, teräslevyjen alla käytetään aluspuita. Valmiin arinan sijainti saa poiketa enimmillään ± 50 mm suunnitelma-asiakirjojen sijainnista. (InfraRYL 2010a.)

Puuarinaa käytetään esimerkiksi rakennettaessa savimaahan pohjavesipinnan alapuolelle. Pohjavesipinnan yläpuolelle rakennettaessa puuarinaa ei käytetä lahoamisen vuoksi. Puuarina rakennetaan lankusta tai hirrestä, joka täyttää rakennesahatavaran T200 vaatimukset kosteusluokassa 3. Arinaa rakennettaessa upotetaan poikittaislankut pohjamaahan metrin välein niin, että päälle tulevat pitkittäislankut tukeutuvat pohjamaahan koko pinta-alaltaan. Pitkittäislankut jatketaan poikittaislankkujen kohdalla naulaamalla tai ruuvaamalla, mutta vierekkäisiä lankkuja ei kuitenkaan saa jatkaa saman poikkipuun kohdalla. Puuarinaa rakennettaessa on kiinnitettävä huomiota, ettei savinen pohjaa häiriinny. Valmiin arinan sijainti ei saa poiketa yli 50 mm:ä suunnitelmista. (InfraRYL 2010a.)

Teräsbetoniarina rakennetaan aina suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti. Siinä käytettävän betonin lujuusluokka on oltava minimissään C25/30. Raudoituksessa käytettävien harjaterästen on oltava

hitsattavia ja myötörajaltaan 500 N/mm². Betonin ja pohjamaan sekoittuminen on estettävä käytämällä esimerkiksi suodatinkangasta tai muovia. Valmiin teräsbetonilaatan suurin sallittu poikkeama suunnitelma-asiakirjoihin nähden on sivusuunnassa 50 mm ja korkeussuunnassa 20 mm. (InfraRYL 2010a.)

Jos rakennettavan alueen pohjamaan kantavuus on niin heikko, ettei pelkkä arinarakenne riitä varmistamaan laadukasta lopputulosta, on pohjamaan kantavuutta mahdollista parantaa esimerkiksi stabiloimalla tai esikuormittamalla maaperää. Heikosti kantavalla maaperällä putkilinjoja rakennetaan usein myös paaluperusteisina. Stabiloinnissa maaperään sekoitetaan sementti- tai kalkkiseosta, joka kovettuessaan parantaa maaperän kantavuutta. (Jääskeläinen 2010, 144.) Esikuormituksessa maaperään kantavuutta parannetaan rakentamalla ylipenger, joka kohdistaa maaperään normaalia suuremman kuorman. Menetelmä on hidas, rakennustyöt voidaan aloittaa vasta 0,5-3 vuotta esikuormituksen aloittamisen jälkeen. (Jääskeläinen 2010, 149.) Stabilointi- ja esikuormitusmenetelmiä en käsittele tarkemmin opinnäytetyössäni. Paaluperustamista käsitellään tarkemmin kappaleessa neljä.

Putkilinjoja rakennettaessa arinarakenteen päälle tehdään aina myös asennusalusta. Asennusalustassa käytettävä materiaali määräytyy käytettävän putkimateriaalin mukaan, asennusalustan on oltava sellainen, ettei se vaurioita siihen asennettavia putkia. Esimerkiksi betoniputken asennusalusta rakennetaan hiekasta, sorasta tai murskeesta. Maksimiraekoko katualueelle rakennettaessa on 32 mm. Asennusalustassa käytettävien materiaalien käyttökelpoisuus todetaan rakeisuustutkimusten avulla. Tutkimukset tehdään niin, että jokaisesta 50 m³ arinamateriaalierästä otetaan yksi näyte. Asennusalusta rakennetaan suunnitelma-asiakirjojen ohjeiden mukaisesti. (InfraRYL 2010a.)

2.3 Hulevesiviemäreissä käytettävät materiaalit

Hulevesiviemäreissä yleisimmin käytettävät putkimateriaalit ovat muovi, betoni ja teräs. Materiaalin valintaan vaikuttavat olennaisesti käyttötarkoitus, putkeen kohdistuvat kuormat ja alkutäyttömateriaali. Jokaisella materiaalilla on omat hyvät puolensa. Muoviset putket ovat edullisia ja todella helposti asennettavia, mutta ne vaativat suuremman peitesyvyyden. Muovisia putkia käytetään yleensä halkaisijaltaan pienissä linjoissa. Teräsputket puolestaan kestävät todella hyvin niihin kohdistuvia kuormia ja iskuja, jonka vuoksi ne voidaan asentaa huomattavasti pienempään peitesyvyyteen kuin esimerkiksi muoviputket. (InfraRYL 2006.)

Betoni on varma valinta putkimateriaaliksi sen jäykkyyden ja hyvän kuormienkestokyvyn ansiosta. Betoniputket on määriteltä kestävyysluokkiin. Luokitus määrää putken käyttötarkoituksen. Betonisia putkia on saatavana raudoitettuna ja raudoittamattomina. Raudoittamattomat putket ovat sisähalkaisijaltaan pienempiä, suurin sallittu halkaisija on 1 000 mm. Niitä käytetään vain kohteissa, joissa putkeen ei kohdistu suuria kuormia. (Rakennusteollisuus RT ry 2003, 15.) Raudoitetut putket kuuluvat kestävyysluokkaan Br tai Dr, joista Dr on kestävyysluokista lujin. Raudoitus parantaa putken murtumissitkeyttä ja estää putken painumista yllättävien painumien sattuessa. Betonista valmistetut putket kuuluvat yleensä Ek-järjestelmään. (Betoni 2014.)

2.4 Ek-järjestelmä

Ek-järjestelmällä tarkoitetaan yhteensopivaa kokonaisuutta, joka pitää sisällään putket, kaivot, kulmat ja muut niitä täydentävät osat. Se on kokonaisuus, jonka eri tuotteet sopivat saumattomasti yhteen helpottaen huomattavasti asennustyötä ja vähentäen turhien kulmavalujen tarvetta. Ek-järjestelmä perustuu esiasennettuun kumitiivisteeseen, joka asennetaan tuotteeseen tehtaalla valmistusvaiheessa. Sauman muoto on suunniteltu sellaiseksi, ettei putken sisäpintaa muodostu kynnyksiä. Huoltotoimet on siis helpompi toteuttaa, eikä saumakohtiin synny padotusta. Ek-järjestelmän tuotteet on valmistettu Betoniputkinormit 2001 (BPN 2001) mukaan, joka täyttää eurooppalaiset laatustandardit EN1916 ja EN1917. Eri valmistajien tuotteet sopivat ongelmitta yhteen, mikä on hyvä asia urakoitsijan näkökannalta katsottuna. Työmaalla tulee usein vastaan yllättäviä tilanteita, joiden vuoksi tuotteita on saatava nopealla varoitusaajalla. Ek-järjestelmän ansiosta urakoitsia ei siis ole vain yhden tavarantoimittajan toimitusten varassa. (Betoni 2014.)

3 POHJATUTKIMUKSET

Rakennettaessa huonosti kantavaan maaperään on ennen suunnittelua suoritettut pohjatutkimukset todella tärkeitä rakentamisen lopputuloksen kannalta. Pohjatutkimusten laajuuden määrää kohteen geotekninen luokitus. Pohjatutkimuksilla saadaan tärkeää tietoa maaperän tiiveydestä, lujuudesta ja kantavuudesta. Maalajikerrosten paksuudet ja niiden rajat pystytään selvittämään. Pohjatutkimuksilla saatu tieto on elintärkeää perustamistapaa suunniteltaessa. Ennen varsinaisten pohjatutkimusten suorittamista, tehdään aina maastokatselmus, jossa päätetään myöhemmin suoritettavien pohjatutkimusten toteutusmenetelmä. (Pohjarakenteet 2004, 5.) Tässä kappaleessa tarkastelen Suomessa yleisimmin käytetyt pohjatutkimusmenetelmät.

3.1 Geotekninen luokitus

Rakennettava kohde kuuluu aina johonkin geotekniseen luokkaan. Geotekninen luokitus määrää kohteen suunnitteluvaatimusten tason. Geoteknisiä luokkia on kolme GL1, GL2 ja GL3. Geotekninen luokitus määräytyy sen mukaan, mitä ollaan rakentamassa. Haastavat ja suuria kuormia aiheuttavat kohteet kuuluvat luokkaan G3, kun taas pienet alhaisille kuormille altistuvat kohteet kuuluvat luokkaan G1. (Paalutusohje 2011, 29 - 32.)

3.2 Pohjatutkimusmenetelmät

Jos rakennettava kohde on pieni ja se kuuluu geotekniseen luokkaan G1, riittää tutkimuksiksi usein pelkkä maastokatselmus. Katselmuksen tarkoituksena on havainnoida rakennettavan alueen maaperän muotoja ja selvittää esimerkiksi sade- ja sulamisvesien valuma-alueet. Katselmuksen yhteydessä kaivetaan usein myös koekuoppa, jonka avulla saadaan tietoa maaperän ominaisuuksista, kivisyydestä ja kaivettavuudesta. Jos pohjavesipinta on rakennettavassa kohteessa lähellä maanpintaa, voidaan koekuoppa kaivaa pohjavesipinnan alapuolelle. Tällöin saadaan tärkeää tietoa pohjaveden käyttäytymisestä kyseisellä alueella. Yleensä pelkkä maastokatselmus ja koekuoppa eivät riitä pohjatutkimuksiksi jolloin on suoritettava kairauksia. (Rantamäki, Jääskeläinen ja Tammirinne 1979, 258.)

Kairauksia suoritetaan kun rakennettava kohde on vaativuudeltaan G2- tai G3- luokkaan kuuluva ja olosuhteet sitä vaativat. Kairauksia tehdessä maahan työnnetään, puristetaan, lyödään tai kierretään teräksestä valmistettua tankoa, jonka päässä on tietoa keräävä kärkikappale. Kärkikappaleeseen kohdistuva vastus kertoo tietoa maaperän kantavuudesta lujuudesta ja tiiveydestä. Kairausten yhteydessä on myös tärkeää ottaa maaperästä näytteitä, jotta maaperän olosuhteita voidaan analysoida tarkemmin. Näytteet otetaan joko häiriintyneinä tai häiriintymättöminä riippuen näytteenottomenetelmästä. (Rantamäki ym. 1979; 258, 274.)

Kairausmenetelmiä on useita, joten on tärkeää valita kohteeseen parhaiten sopiva vaihtoehto. Jos esimerkiksi halutaan varmistaa kalliopinnan korkeus, on porakonekairaus ainut luotettava menetelmä. Yleisimmin käytettävät kairausmenetelmät ovat painokairaus, heijarikairaus, siipikairaus, puristinkairaus, tärykairaus ja porakonekairaus. (Rantamäki ym. 1979, 272).

4 TYÖVAIHEET RAKENNETTAESSA PAALULAATALLE

Paalulaatalla tarkoitetaan rakennetta, jossa teräksestä, puusta tai betonista valmistetut tukipaalut lyödään suunnittelijan määräämään syvyyteen, jotta tarvittava kantavuus saavutetaan. Paalujen päälle rakennetaan raudoitettu betonilaatta. Näin syntyy yhtenäinen rakenne, joka minimoi päälle tulevan rakenteen painumisen. Paalulaatan rakentaminen on hidasta ja hintavaa, mutta siitä huolimatta se on monin paikoin kannattavaa. Perustamalla rakenteet tukevasti minimoidaan riskitekijät tulevaisuudessa. Jos esimerkiksi suuren kaupungin keskustaan rakennettu hulevesiviemäri alkaa vuosien saatossa painua, nousevat kustannukset helposti moninkertaiseksi paalulaatan kustannuksiin verrattuna. Perustamalla rakenteet tukevasti varmistetaan pitkäaikaiskestävyys ja minimoidaan huoltokustannukset. Paalulaattaa rakennettaessa keskeisimmät työvaiheet ovat paalutus, kaivu, asennus- ja raudoitus, betonointi, putkien nosto ja täyttö. (InfraRYL 2010.)

Tässä luvussa käsitellään teorian tietoa rakennusvaiheisiin liittyen. Keskityn työmenetelmiin, joita käytettiin Kuopion Matkakeskuksen työmaalla. Teoriaosuus käsittelee myös kaivannon tukemisen teräsponttiseinän avulla. Kaivannon tukeminen ei ole pakollinen toimenpide paalulaattaa rakennettaessa, mutta hyvin usein, kun maan kantavuus on huono ja tilaa rakennuspaikan ympärillä vähän, joudutaan kaivannon tukemiseen turvautumaan.

4.1 Kaivannon tukeminen teräsponttiseinän avulla

Teräsponttiseinällä tarkoitetaan rakennetta, jossa teräksestä valmistettuja profiloituja pontteja lyödään, vibrataan tai painetaan maahan niin, että ne lukittuvat ponteista kiinni toisiinsa. Lopputuloksena on vesitiivis ja hyvin pohjannousua estävä tukiseinärakenne. Maahan lyödyt pontit voivat olla osa tulevaa rakennetta, tai ne voidaan nostaa pois ja käyttää uudelleen. (Rantamäki ja Tamminen 1979, 115.) Teräsponttiseinän profiilit voidaan ryhmitellä karkeasti kolmeen eri profiilivaihtoehtoon kevyisiin-, raskaisiin-, ja erikoisprofiileihin. Määräävänä tekijänä ryhmittelyssä on profiilin muoto ja sen taivutusvastus. Käytettävä profiili valitaan suunnitteluvaiheessa palvelemaan parhaiten rakennuskohteen tarpeita. Suomessa käytetään yleisimmin U-profiileja, jotka luokitellaan raskaisiin teräsponttiprofiileihin. (Rakennuskaivanto-ohje 1989, 28.) Putkilinjoja rakennettaessa yleisin käytetty pontti-tyyppi on larssen-pontti. Ne ovat kevytrakenteisia ja helposti asennettavia, esimerkiksi telialustaisella kaivinkoneella, joka on varustettu täryvasaralla. Ponttikaivannon tuenta on todella tärkeässä osassa työn hyvän lopputuloksen ja työturvallisuuden varmistamiseksi. (Rantamäki ja Tamminen 1979, 115.)

Teräsponttiseinä on usein viisas ratkaisu kaivannon tuentamenetelmäksi ja sen avulla syntyvät kaivumassat saadaan minimoitua. Ponttien asentaminen ja poistaminen on nopeaa, kun käytössä on oikeanlainen kalusto. Huonona puolena voidaan pitää ympäristöön syntyvää melua ja tärinää. Jos kaivannon lähellä sijaitsee helposti vaurioituvia rakenteita, teräsponttiseinän rakentaminen ei ole suotavaa.

Ponttikaivannon tuenta suoritetaan suunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Tuenta toteutetaan yleensä HEB-palkeista rakennetun kehikon avulla. Kehikko sijoitetaan ponttiseiniin väliin. Ponttiseiniin hitsataan kiinni kolmiokonsolit, joiden päälle kehikko lasketaan ja hitsataan tukevasti kiinni. Kaivannon syvyys määrittää tuentatarpeen, jos kaivanto on syvä, joudutaan se tukemaan useammasta kerroksesta kehikoiden avulla. Työn aikana on tärkeää tarkkailla tukiseinärakenteen kestävyyttä, jos tukiseinässä tapahtuu selkeää maanpaineesta johtuvaa liikehdintää, on tuentaa ehdottomasti lisättävä.

4.2 Paalutus

Paalutus on perustusmenetelmä, jonka avulla yläpuolelta tulevat kuormat ohjataan kantavaan maaperään, yleensä moreeniin tai kallioon. Paalutuksella mahdollistetaan rakentaminen huonosti kantavaan maaperään. Paalujen materiaalina käytetään terästä, raudoitettua betonia tai puuta. Puisia paaluja käytetään pelkästään pohjavesipinnan alapuolella. Pohjavesipinnan yläpuolella puiset paalut lahoavat ja menettävät kantavuutensa, joka puolestaan aiheuttaa rakenteiden painumista. Paalutusta on käytetty perustusmenetelmänä jo satojen vuosien ajan. Työmenetelmät ja työssä käytettävät koneet sekä materiaalit ovat kehittyneet merkittävästi vuosien saatossa. (Rautaruukki Oyj 2014.)

Paalut voidaan jakaa kahteen ryhmään, maata syrjäyttäviin paaluihin ja maata syrjäyttämättömiin paaluihin. Maata syrjäyttävät paalut asennetaan maahan joko lyömällä, painamalla, vibraamalla tai ruuvaamalla. Apuna käytetään asianmukaista paalutuskalustoa. Maata syrjäyttävien paalujen hyvänä puolena voidaan pitää nopeaa asennustapaa kaivinpaaluihin verrattuna. Maata syrjäyttäviä paaluja asennettaessa kaivumassoja ei muodostu. Huonona puolena voidaan pitää asennuksesta ympäristöön aiheutuvaa tärinä- ja melusaastetta. Jos paalutettavan alueen lähellä on helposti vaurioittuvia rakenteita, maata syrjäyttävien paalujen käyttö ei ole suotavaa. (Paalutusohje 2011, 135.)

Maata syrjäyttämättömillä paaluilla tarkoitetaan kaivinpaaluja, porapaaluja ja CFA-paaluja. Paalujen suojaputket asennetaan maahan poraamalla tai kaivamalla, jonka jälkeen ne raudoitetaan ja valetaan betonilla. Raudoitus toteutetaan suunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Käytettävä paalutyyppi vaikuttaa paalutuksessa käytettävän kaluston valintaan. (Paalutusohje 2011, 135.) On todella tärkeää valita kalusto niin, että työ sujuu saumattomasti. Paalutus on yleensä tahdistava työvaihe. Jos paalutus on hidasta, viivästyy seuraavien työvaiheiden aloittaminen ja aikataulusta jäädään nopeasti jälkeen.

4.3 Kaivu

Kaivinkone on yleisin maanrakennustöissä käytetty työkone. Nykypäivän koneet ovat lähes kaikki hydraulisia, joten niiden liikkeet ovat todella tarkkoja. Suurimmassa osassa koneista on ympäripyörivä kauhankallistin, joka mahdollistaa todella tarkan työskentelyn. Hydrauliikan avulla koneen voima pystytään ohjaamaan oikeaan paikkaan ja näin koneesta saadaan suurin mahdollinen hyöty irti. Nykypäivän kaivinkoneet ovat todella monipuolisia työkoneita, niihin on saatavilla runsaasti erilaisia kauhoja ja lisäosia, joiden avulla erilaiset työt sujuvat vaivattomasti. Esimerkiksi tela-alustaiseen ko-

neeseen voidaan hankkia täryvasara, jolloin myös pienet paalutustyöt onnistuvat vaivattomasti. (Jääskeläinen 2010, 52.)

Kaivutyötä suunniteltaessa oikeanlaisen kaluston valinta on todella tärkeää. Oikeanlaisella kalustolla varmistetaan työn nopea ja kustannustehokas toteutus. Kaluston valintaan vaikuttaa merkittävästi olosuhteet, jossa kaivutyöt suoritetaan kuten kaivettava maalaji ja kaivussyvyys. Koneen paino ja alustatyyppi ovat tärkeimmät huomioitavat tekijät. Liian pienellä koneella työ hidastuu merkittävästi ja esimerkiksi kuormaus vaikeutuu. Maanrakennustöissä käytettävät kaivinkoneet ovat yleensä joko pyörä- tai tela-alusteisia. (Jääskeläinen 2010, 52 - 57.)

Pyöräalustaiset kaivinkoneet on tarkoitettu kevyempiin maanrakennustöihin ja kohteisiin, jossa konetta joudutaan siirtämään huomattavan paljon. Pyöräalustaiset koneet soveltuvat hyvin syvyydeltään pienten putkilinjojen kaivuun, myös erilaisten kuormien purku ja tavaroiden siirtäminen työmaalla sujuu vaivattomasti. Vakuutetulla pyöräalustaisilla koneilla voidaan ajaa normaalin liikenteen seassa, erillistä kalustoa koneen siirtämiseen työmaalta toiselle ei siis välttämättä tarvita. (Jääskeläinen 2010, 54 - 57.)

Tela-alustaisia koneita käytetään, kun maanleikkaustyössä tarvitaan runsaasti voimaa ja ulottuvuutta. Voidaankin sanoa, että tela-alustaiset koneet soveltuvat hyvin raskaisiin maanrakennustöihin. Telojen ansiosta koneen kuorma jakautuu hyvin tasaisesti maaperään, työskentely on siis hyvin vakaa ja liikkuminen huonossakin maastossa onnistuu helposti. Karkeasti voidaankin sanoa, että mitä painavampi kone on, sitä tehokkaammin se pystyy maanleikkausta suorittamaan. Koneen valinnassa on kuitenkin huomioitava muutkin työskentelyyn vaikuttavat asiat. Massaltaan painavin kone ei ole aina kustannustehokkain ratkaisu. (Jääskeläinen 2010, 52 - 58.)

4.4 Raudoitus ja betonointi

Raudoitus on tärkeä osa betonirakenteita ja sen avulla rakenne kestää paremmin siihen kohdistuvaa vetolujuutta. Raudoitus toteutetaan aina suunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Terästen sidontavaiheessa on oltava huolellinen. Jos sidonta tehdään huonosti, voi raudoitus nitkahtaa betonoitaessa. Raudoituksen suojaetäisyyksien on oltava toleranssien mukaisia. Suojaetäisyydellä tarkoitetaan raudoituksen ja valun ulkopinnan etäisyyttä. Raudoitus on aina tarkastettava ennen betonoinnin aloittamista. Betonityöstä vastaa betonityönjohtaja, jolla on oltava riittävä pätevyys tehtävän vaativuus huomioiden. (Betonirakenteet 2005, 5.)

Ennen betonoinnin aloittamista muotin kestävyys on varmistettava. Jos mahdollista, on suositeltavaa käyttää muottielementtejä työn helpottamiseksi ja muotin kestävyys varmistamiseksi. Muottien pinnat on suositeltavaa kastella muottiöljyllä, muottien purkamisen helpottamiseksi. Betonointi on aina suoritettava suunnittelijan ohjeiden mukaisella betonimassalla. Betonointia tehtäessä massa tiputetaan muottiin mahdollisimman matalalta suoraan alaspäin. Pudotuskorkeus ei saa olla yli 1,5 m muuten kiviainesrakeet ja vesi erottuvat massasta ja lopputulos ei ole tyydyttävä. Betonimassa tiivistetään sauvatäryttimen, eli vibran avulla. Vibratessa massasta poistuu ylimääräinen ilma, muotti

täyttyy kokonaisuudessaan ja runkoaineet hakeutuvat lähemmäksi toisiaan. Vibraus täytyy suorittaa varovaisuutta noudattaen, ettei raudoitus tai muotti vaurioidu. (Betoni 2014.)

Vibrauksen jälkeen valun pinta tasoitetaan oikeaan korkoon oikolautaa käyttäen. Kun vesi nousee valun pintaan, suoritetaan hiertäminen valun kulutuskestävyysvaatimusten mukaisesti. Hierto voidaan toteuttaa joko käsin tai koneellisesti, se ei kuitenkaan ole pakollinen toimenpide, tarve määräytyy sen mukaan, mitä ollaan valamassa. Valun jälkihoito on myös tärkeää ja kastelusta ja suojauksesta on huolehdittava tarpeen vaatiessa. (Betoni 2014.)

4.5 Nostot

Nostotöitä on suunniteltava aina huolellisesti ennen töiden aloittamista. Nostot on suoritettava niin, ettei työntekijöille, ulkopuolisille henkilöille tai ympäristölle aiheudu vaaraa. Nostossa käytettävien nostolaitteiden ja nostoapuvälineiden on oltava määräysten mukaisia ja CE-hyväksytyjä. Lisäksi nostoapuvälineiden vuotuiset kuntotarkastukset on oltava suoritettu. Kaikkien nostossa käytettävien laitteiden kunto on tarkastettava aina ennen työn aloittamista. Käytettävän nostokaluston on aina oltava tehtävään sopiva, esimerkiksi kaluston nostokapasiteetin täytyy olla riittävä. Kun nostossa käytetään ajoneuvonosturia, on pystytystarkastus suoritettava aina ennen nostotyön aloittamista. Pystytystarkastuksen suorittaa työmaan vastaava mestari, tai hänen valtuuttamansa henkilö. (Työsuojeluhallinto 2010, 9.)

5 HULEVESILINJAN RAKENTAMINEN MATKAKESKUKSEN TYÖMAALLE

5.1 Urakan esittely

Kuopion linja-autoaseman ympäristössä on käynnissä Matkakeskus hanke. Hankkeen tavoitteena on alueen kehittäminen sellaiseksi, että se palvelee parhaiten nykypäivän tarpeita. Hanke suoritetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa, jota työssäni käsittelen, keskitytään ympäristön infrastruktuurin uusimiseen. Lisäksi alueen käyttöturvallisuutta ja toiminnallisuutta parannetaan. Toisessa vaiheessa alueelle rakennetaan Matkakeskusrakennukset ja informaatiojärjestelmät. Urakan ensimmäinen vaihe alkoi kesäkuussa 2013 ja valmistui marrakuussa 2014.

Alueen tulevasta rakentamisesta johtuen jouduttiin linja-autoaseman liikennekentän halki kulkeva hulevesiviemäri siirtämään Puutarhakadulle ja Maaherrankadulle. Aikaisemmin hulevesille oli kaksi halkaisijaltaan 1 000 mm betoniputkea. Uudessa linjassa vanhat putket korvattiin yhdellä 1 400 mm betoniputkella ja samalla saneerattiin myös alueen vesijohdot ja jätevesiviemärit. Uuden hulevesiviemärin kokonaispituus on 620 m. Sen alkupää on hautausmaan viereen rakennetussa hulevesien viivästysältaassa ja purkupää Minna Canthin puistossa, josta hulevedet ohjataan Maljapuroa pitkin kallaveteen. Rakennettavalla alueella pohjaolosuhteet osottautuivat todella haastaviksi, jonka vuoksi suurin osa hulevesiviemäristä perustettiin paalulaatan päälle.

5.2 Pohjaolosuhteet

Matkakeskuksen alueelle on tehty pohjatutkimuksia Ramboll Finland Oy:n laatiman pohjatutkimus ohjelman mukaisesti. Tutkimukset suoritettiin painokairauksina ja samalla otettiin häiriintyneitä maanäytteitä. Lisäksi Kuopion kaupunki on seurannut alueen pohjavedenkorkeutta asentamiensa pohjavesiputkien avulla.

Pohjatutkimusten avulla saatiin seuraavaa tietoa: Rakennetuilla alueilla on pinnassa rakennekerrokset. Niiden paksuus vaihtelle 1,4-1,8 m:n välillä. Muilla kun rakennetuilla alueilla pinnassa on humuskerros. Pintakerrosten alapuolella maaperä vaihtelee siltistä silttiseen hiekkaan. Kerrokset ovat löyhiä ja paksuudeltaan maksimissaan 15 m. Löyhän kerroksen alla maaperä muuttuu moreeniksi, joka sisältää suuriakin kiviä. Kairaukset päättyivät enimmillään 20 m:n syvyyden alkuperäisestä maanpinnasta mitattuna, syynä osuminen kiveen tai kallioon. Kallion pinnan korkeutta ei varmistettu porakonekairauksen avulla. Pohjavedenpinta on mittausputkien avulla saadun tiedon perusteella +87,3-+87,8, eli noin metrin syvyydessä alkuperäisestä maaanpinnasta mitattuna. (Työselostus 2013.)

Jo etukäteen oli tiedossa, että pohjavedenpinnan korkeus vaikeuttaa huomattavasti maanrakennustöitä. Silttipitoiset maalajit ovat hyvin häiriintymisherkkiä. Häiriintyessä maa löyhtyy ja menettää kantavuutensa. Rakennettaessa pohjavesipinnan alapuolelle maan häiriintymistä tapahtuu todella helposti.

Vaikka haastavat pohjaolosuhteet olivat jo tiedossa, osoittautui todellisuus vielä odotettua synkemmäksi. Rakentamisen edetessä pohjaolosuhteet muuttuivat huomattavasti heikommiksi. Hulevesilinjan alkupäässä Maaherrankadulta Puutarhakadulle edetessä pohjaolosuhteet olivat vielä siedettävät. Merkittävä muutos tapahtui tultaessa Puutarhakadulle. Paalulla 550 maaperä muuttui todella löyhäksi saviseksi siltiksi, jonka kantavuus oli todella huono. Paalulle 550 asennettu noin 8 t painava kaivo painui yön aikana yli 50 mm, asennusallustana käytettiin peltiä ja 300 mm paksuista murskearinaa. Sanomattakin on selvää, ettei painovoimaisesti viettävää hulevesilinjaa voi rakentaa edellä mainittuihin olosuhteisiin ilman, että perustamistapaa mietitään uudelleen. Samanlaiset pohjaolosuhteet jatkuivat koko Puutarhakadun matkan aivan linjan alkupäähän asti. Hulevesiviemäri päätettiin siis perustaa paalulaatan päälle ja Ramboll Finland Oy laati siihen asianmukaiset suunnitelmat.

5.3 Hulevesiviemärin rakentamisen työvaiheet

Hulevesiviemäri rakennettiin pääasiassa vanhan katulinjan alle. Pinnassa oli siis asfaltti, jonka alla oli tien rakennekerrokset. Kadun vieressä oli runsaasti puustoa ja pensaita. Alueen rakentaminen aloitettiin puuston ja pensaiden raivaamisella. Isoimpien puiden kaadossa käytettiin apuna pyöräalustaista kaivinkonetta turvallisuuden varmistamiseksi. Säästettäväksi merkkatut puut suojattiin työn ajaksi rakentamalla runkosuoja puun ympärille. Kaadetut puut kuljetettiin tilaajan osoittamaan paikkaan Heinjoen maakaatopaikalle.

Asfalttikerrokset kuorittiin tela- ja pyöräalusteisilla kaivinkoneilla ja kuljetettiin Jätekuon Kuopion toimipisteeseen. Tien rakennekerrokset uusittiin kokonaisuudessaan, vanhat rakennekerrokset poistettiin ja kuljetettiin rakennuttajan osoittamaan paikkaan Heinjoen läjitysalueelle. Rakenteisiin ja maastonmuotoiluun kelpaamattomat maa-ainekset kuljetettiin Heinjoen maakaatopaikka-alueelle.

5.3.1 Pontitus ja paalutus

Pintakerrosten poiston jälkeen oli vuorossa kaivannon tuenta teräsponttiseinän avulla. Tuenta toteutettiin Ramboll Finland Oy:n suunnitelman mukaisesti. Ennen pontituksen aloittamista suoritettiin kevennyskaivua olosuhteiden sallimissa rajoissa. Pontituksen suoritti A. Ruusunlehti Oy. Kalustona käytettiin Volvo EC300DI tela-alustaista kaivinkonetta, jonka käyttöpaino on 30,5 t. (Kuva 1.) Lisävarusteena koneessa oli ponttivibra. Pontteina käytettiin 12 m:ä pitkiä U-profiilin teräspontteja. Ponttiseinien väli oli viisi metriä. Ponttiseinien tuenta toteutettiin rakentamalla HE 280B-palkeista kehikko seinien väliin.

Ennen pontituksen aloittamista mittamies merkitsi maastoon hulevesiviemärin tarkan linjan. Tämän jälkeen HE 280B -palkit sijoitettiin pitkittäin hulevesilinjan mukaisesti. Palkit sijoitettiin niin, että niiden väliin jäi viiden metrin rako. Tämän jälkeen pontit lyötiin maahan palkkien ulkoreunaa linjana pitäen. Palkit hitsattiin kiinni ponttiseinään kolmiokonsoleita apuna käyttäen. Kiinnityskorkeus oli metri ponttien yläpäästä alaspäin. Pitkittäisten palkkien väliin hitsattiin vielä poikittaiset HE280B -palkit 4-5 m:n välein. Näin muodostui yhtenäinen kehikkorakenne, joka esti ponttiseiniä kääntymästä maanpaineen aiheuttaman kuorman johdosta. Työn edetessä tukiseinärakennetta tarkkailtiin jatkuvasti.

Jos seinissä tapahtui siirtymiä, poikittaisten tukipalkkien määrää lisättiin. Kuvassa 2 on HEB-palkein tuettu ponttikaivanto Puutarhakadulla.



Kuva 1. Ponttuitustyötä Puutarhakadulla (Partanen 2013-8-31.)

Ponttien lyönnin jälkeen suoritettiin paalutustyöt. Paalutustyön toteutuksesta vastasi A. Ruusunlehti Oy. Paalutustyössä käytettiin samaa kalustoa kuin ponttityössä, mutta lisävarusteena koneessa oli paaluvasara. Paaluina käytettiin Ruukin valmistamia RR140/8 teräspalkkipaaluja, jotka toimitettiin kuuden metrin pituisina.

Paaluja lyötiin maahan aina kaksi rinnakkain ja niiden väli oli metri. Pituussuunnassa paaluparit lyötiin kolmen metrin välein. Ennen paalutuksen aloittamista mittamies merkitsi maahan paalujen paikat. Paalutustyö aloitettiin aina paalulla, jossa ei ole jatkoskappaletta, yleensä edellisen paalutuskohteen hukkapalalla. Paalun alapäähän kiinnitettiin maakärki. Kun paalu oli uponnut kokonaisuudessaan maahan, otettiin seuraavaksi paalu, jonka toisessa päässä oli jatkoskappale. Jatkoskappale asetettiin maahan lyödyn paalun päälle ja jatkettiin paaluttamista. Sama toimenpide toteutettiin monta kertaa, että paalun maakärki tavoitti kantavan pohjamaan. Paalujen uppoamissyvyys vaihteli runsaasti työmaan eri kohdissa. Puutarhakadulla paalut upposivat yli 20 m:n syvyyteen, kun taas Puijonkadun risteysalueella lyöntisyvyydet jäivät paikoin noin yhdeksään metriin.



Kuva 2. HEB-palkein tuettu ponttikaivanto Puutarhakadulla (Partanen 2013-8-8)

5.3.2 Kaivu

Maamassojen kaivaminen ponttiseinien välistä suoritettiin Hitachin 21 t painavalla tela-alustaisella kaivinkoneella, kone oli varusteettu 16 m:ä pitkällä puomilla. Kaivutyöt suoritti Varkauden tehokaivu Oy. Pitkäpuomi oli kyseisissä olosuhteissa pakollinen lisävaruste, hulevesiviemärin vesijuoksu rakennettiin paikoin yli viiden metrin syvyyteen alkuperäisestä maanpinnasta katsottuna, joten ulottuvuutta kaivamisessa siis tarvittiin.

Kaivinkone sijoitettiin ponttien väliin parhaan ulottuvuuden saavuttamiseksi. Maahan lyödyt paalut hidastivat huomattavasti kaivutyötä. Paalut oli kuitenkin lyötävä ennen kaivua. Paaluttaminen syvään ponttikaivantoon olisi ollut työteknisesti liian haastavaa, lisäksi kaivannon pohjan häiriintyminen olisi ollut todennäköistä. Kaivetut maa-ainekset olivat pääasiassa löyhää savista silttiä ja ne kuljetettiin Heinjoen maakaatopaikalle. Pinnassa ollutta hiekkakerrosta hyödynnettiin putken loppu-täytössä katualueiden ulkopuolella. Päivän aikana kaivutyötä suoritettiin 6-9 m:ä olosuhteista riippuen. Työvaiheet yhteensovitettiin niin, että jokaisen päivän päätteeksi valettiin paalulaattaa vähintään kuusi metriä.

Kun kaivu saatiin suunniteltuun syvyyteen, rakennettiin paalulaatalle arina, eli asennuslusta. Kaivannon pohjalle levitettiin N2-luokan suodatinkangas, jonka päälle arinamateriaaliksi 0-63 mm kalliomursketta. Murskearinan paksuus vaihteli pohjamaan kantavuuden mukaan, huonosti kantavissa kohdissa arinaa paksunnettiin ja paremmin kantavissa ohennettiin mahdollisuuksien mukaan. Arinan keskimääräinen paksuus oli noin 500 mm. Arina tiivistettiin mahdollisuuksien mukaan 80 kg:a painavalla maatäryttimellä. Painavampien täryttimien käyttö ei ollut mahdollista pohjamaan häiriintymis-

herkkyyden vuoksi. Kun arina saatiin valmiiksi, maahan lyödyt paalut katkaistiin polttoleikkaamalla suunniteltuun korkeuteen. Paalujen päähän asennettiin paaluhatut, joiden avulla paalut kiinnittyivät laattarakenteeseen.

Kaivanto ulottui selvästi pohjavesipinnan alapuolelle. Kaivannon kuivanapito toteutettiin rakentamalla laatan arinaan pitkittäissuuntaisia salaojia, jotka ohjasivat veden rakennustyönaikaisiin pumppukaivoihin. Kaivoista vesi pumpattiin pois uppopumppujen avulla. Liiallinen pohjavesipinnan aleneminen estettiin rakentamalla ponttikaivantoon savisulkuja. Savisulut pysäyttävät pohjaveden virtauksen kaivannossa. Pohjavesipinnan alenemisen seuraukset on tärkeää ottaa huomioon. Kun pohjavesipinta laskee liikaa voi syntyä painumia, jotka vaurioittavat olemassa olevia rakenteita.

5.3.3 Rauditus ja betonointi

Paalulaatan rauditus toteutettiin Ramboll Finland Oy:n suunnitelmien mukaisesti. Rakennetun laatan leveys oli 2 100 mm ja paksuus 400 mm. Rauditus tehtiin kahteen kerrokseen. Alapinnassa pitkittäissuuntaisten terästen jako oli 150 mm ja yläpinnassa 100 mm. Poikittaiset raudat tulivat ylä- ja alapintaan 200 mm jaolla. Paaluparien kohdalle laitettiin myös lisäteräkset. Kerrokset kiinnitettiin toisiinsa koukkujen ja pukkien avulla, rauditus oli siis yhtenäinen häkkimäinen rakenne. Materiaalina käytettiin 12 mm harjaterästä, joka toimitettiin kuuden metrin salkoina. Haat ja koukut toimitettiin työmaalle valmiiksi taiteltuina.

Rauditustyöt tehtiin kokonaan kaivannon ulkopuolella paikassa, jossa tilaa oli riittävästi. Kaivannossa raudoittaminen olisi ollut hidasta ja muut työvaiheet olisivat viivästyneet. Raudoitukset tehtiin kuuden metrin pituisina häkkeinä, ne nostettiin kaivantoon kaivinkoneen ja nostoroppujen avulla. Pidempien häkkien nostaminen kaivantoon ei olisi ollut mahdollista ponttikaivannon poikittaispalkeista johtuen.

Kun rauditus oli nostettu kaivantoon, rakennettiin laatalle muotti. Muotitustyön helpottamiseksi pitkien sivujen muotit tehtiin muottielementeistä. Muottielementtien käyttö oli kyseisessä kohteessa viisas ratkaisu. Muotitustyö oli todella nopeaa ja syntyvän puujätteen määrä oli todella vähäinen. Lisäksi elementtien siirtäminen laatan rakentamisen edetessä oli helppoa pitkäpuomisen kaivinkoneen ja nostoroppujen avulla. Elementit tuettiin aiemmin valetun laatan sivuihin, lisäksi elementit tuettiin pönkillä ponttiseinään noin kahden metrin välein. Laatan päädyn muotti tehtiin käsityönä. Päädyssä elementin käyttö ei ollut kannattavaa, koska sen poistaminen ehjänä olisi ollut mahdotonta laatan liitoskohtaan kiinnitettyjen tartuntarautojen vuoksi. Tartuntoja liitoskohtaan tuli yhteensä 32 kappaletta ja niiden jokaisen pituus oli metrin. Tartunnat porattiin päätymuotin läpi niin, että ne jäivät tasaisesti saumakohdan molemmille puolille.

Muotitustöiden valmistuttua varmistettiin, että raudituksen ja muottien väliin jää tarvittavat suojaetäisyydet käyttämällä asianmukaisia korppuja. Pohjan suojaetäisyydet puolestaan varmistettiin laittamalla raudituksen alle tasaisin välimatkoin viisi senttimetriä paksuja betonilaatan paloja. Näin

varmistettiin, ettei raudoitus pääse painumaan arinaa vasten ja suojabetonia jää myös laatan alapintaan.

Betonissa massana käytettiin Lujabetonin toimittamaa K 40-2 massaa, jonka rasitusluokka oli XC2 ja notkeus 2-3. Betonointi suoritettiin rännivaluna. Pitkällä rännillä varustettu betoniauto sijoitettiin aivan kaivannon viereen niin, että ränni saatiin laskettua mahdollisimman lähelle valettavaa laattaa. Betonin pudotuskorkeutta tarkkailtiin ja varmistettiin, ettei massa pääse erottumaan. Massan tiivistys tapahtui vibraamalla. Valettu betonipinta viimeisteltiin hiertämällä pinta puulankkuja apuna käyttäen. Betonoinnin jälkeen valetut pinnat suojattiin pressuilla, mikäli olosuhteet sitä vaativat, tarvittaessa pintoja myös kasteltiin. Kuvassa 3 on juuri valettu betonilaatta Puutarhakadulla.



Kuva 3. Juuri valettua paalulaattaa Puijonkadun risteyksessä (Partanen 2014-6-20.)

5.3.4 Putkien ja kaivojen asentaminen

Kohteeseen rakennettu putkilinja toteutettiin Ruskon betonin toimittamilla Ek -järjestelmän betoniputkilla ja kaivoilla. Putket olivat sisähälkaisijaltaan 1 400 mm ja kuuluivat BR-lujuusluokkaan. Yhden putken nimellispituus oli 2 250 mm ja painoa putkella noin 3 800 kg. Linjan kokonaispituudeksi tuli 620 m:ä, kaivoja rakennetulle linjalle tuli 12 kpl. Nostotöitä oli siis runsaasti.

Ennen putkien ja kaivojen asentamista valetun paalulaatan päälle rakennettiin asennusalusta 0-16 mm kalliomurskeesta. Asennusalustan paksuus oli 50-100 mm:ä. Asennusalusta tiivistettiin määrittämällä ja pohjan oikea kallistus varmistettiin putkilaseria apuna käyttäen. Myös mittamies tarkisti asennusalustan korot ennen nostotöiden aloittamista. Näin varmistettiin, että putkilinjalle saatiin suunnitelmien mukainen kallistus.

Putkien nostot suoritettiin Volvo EC300DI tela-alustaisella kaivinkoneella, eli samalla kalustolla, jolla suoritettiin myös paalutus- ja pontitustyöt. Nostotöissä apuna käytettiin Ruskon betonin toimittamaa Kona-asennuslaitetta, joka koostuu nostolaitteesta ja vetolaitteesta. Nostolaite kiinnitettiin nostettavaan putkeen holkeilla, jotka upotettiin putkeen sivuille jo valmistusvaiheessa porattuihin koloihin. Tämän jälkeen putki nostettiin kaivantoon mahdollisimman lähelle edellisen putken muhvia. Kaivannossa putkien muhvien puhtaus vielä varmistettiin ja muhviin laitettiin liukuainetta. Liukuaineella helpotetaan putken asennusta ja varmistetaan tiivisteiden säilyminen ehjänä. Tämän jälkeen aiemmin asennetun putken päälle nostettiin vetolaite, joka kiinnitettiin nostolaitteen tavoin putkeen porattuihin koloihin holkeilla. Vetolaite kiinnitettiin nostolaitteeseen ketjuilla putken molemmin puolin. Ketjut kiristettiin samaan kireyteen. Sillä varmistettiin putkilinjan pysyminen suorana. Tämän jälkeen nostolaitetta vedettiin kaivinkoneella aiemmin asennettujen putkien suuntaan, jolloin ketjut kiristyivät ja asennettavan putken pää painui muhvin sisään. Tarvittaessa ketjut kiristettiin ja toimenpide uusittiin kunnes putkien sisäsauma oli halutun mukainen. Putkien saumoja ja linjan suoruutta tarkkailtiin koko asennusprojektin ajan. Kuvassa 4 näkyy putkien asentamista Kona-asennuslaitteella.



Kuva 4. Putkien asentamista Kona-asennuslaitteella (Partanen 2013-08-08).

Kaivoja runkolinjalle asennettiin yhteensä 12 kpl, niiden paino vaihteli 8-12 t välillä, riippuen kaivoon tulleiden lähtöjen määrästä. Kaivojen tulot ja lähdöt oli varustettu muhveilla, normaalitilanteessa turhia valuja ei kaivojen asentamisen yhteydessä tarvinnut tehdä. Kaivojen nostotyöt suoritettiin Nostokonepalvelun hydraulipuomisilla ajoneuvonostureilla, joiden koko riippui noston pituudesta. Turvallisten nostojen varmistamiseksi ajoneuvonosturi sijoitettiin aina tarpeeksi kauas ponttikaivannosta. Kaivoihin oli valmistusvaiheessa valettu nostokoukut jokaiselle kulmalle. Kaivot pystytettiin siis kiinnittämällä neljästä pisteestä ja nostot suoritettiin turvallisesti. Kun kaivo nostettiin kaivantoon, lopullinen asennus suoritettiin kaivinkoneen avulla. Ajoneuvonosturi nosti kevyesti kaivoa ilmaan ja kaivinkone työnsi kaivon lopulliselle paikalleen. Kaivojen ja putkien asennuksessa kaivannossa työskenteli kaksi rakennusmiestä. Kaivannon ulkopuolella nostotyön turvallisesta toteuttamisesta vastasi yksi työnjohtaja, joka myös toimi merkinnäyttäjänä nostoja suoritettaessa.

5.3.5 Täyttö

Putkikaivannon alkutäyttö toteutettiin Infra RYL 2010 ohjeiden mukaisesti. Täyttömateriaalina käytettiin hiekkaa. Hiekka levitettiin kaivinkoneella samanaikaisesti putken molemmille puolille. Se täkättiin tukevasti putken juureen lapiolla ja tärytettiin 350 kg painavalla maatäryttimellä. (Kuva 5.) Ah-
taissa paikoissa ja kaivojen ympäristäytöissä tiivistyksessä käytettiin myös vettä hyvän lopputuloksen varmistamiseksi. Alkutäyttö tehtiin 300 mm paksuina tasaisina kerroksina ja se ulottui 300 mm putken yläpuolelle tasaisesti koko kaivannon leveydellä. Lähes koko matkan hulevesiviemärin yläpuolelle rakennettiin myös jätevesiviemäri ja vesijohdot. Alkutäyttö ulottui siis todellisuudessa huo-

mattavasti ylemmäs. Kun alkutäyttö oli saatu suoritettua, ponttiseinän tukikehikko purettiin polttoleikkaamalla. Pontit nostettiin pois ja lyötiin uudelleen maahan kaivannon edetessä.

Hulevesiviemäri rakennettiin lähes kokonaan liikennöitävälle alueelle. Lopputäyttö muodostui siis tien rakennekerroksista. Liikennöitävien alueiden ulkopuolella lopputäyttö tehtiin tiivistyskelteisestä materiaalista, joka routivuudeltaan vastasi kaivannosta pois kaivettua materiaalia.



Kuva 5. Hulevesilinjan alkutäyttöä Puijonkadun risteyksen tuntumassa (Partanen 6-25-2014.)

5.4 Kaapelit

Rakennetulla alueella on runsaasti Kuopion Energian kaukolämpöputkia ja sähkökaapeleita sekä eri teleoperaattoreiden tietoliikennekaapelaita. Olemassa olevat kaapelit hidastivat huomattavasti kaivutöitä varsinkin risteysalueilla, jossa kaapeleita kulkee runsaasti pituus ja leveyssuunnassa. Ennen

kaivutöiden aloittamista suoritettiin kaapeli- ja kaukolämpönäytöt omistavan tahon ohjeiden mukaisesti. Ponttikaivannon yli menevät kaapelit kiinnitettiin työn ajaksi kaivannon yli meneviin palkkeihin, näin varmistettiin, ettei kaapeleissa päässyt tapahtumaan haitallista liikettä työn aikana. Täyttövaiheessa kaapelit suojattiin suunnitelmien mukaisesti ja mittamies otti niistä tarkkeet. Kuvassa 6 näkyy kaapeliviidakko Maaherrankadun risteyksessä.



Kuva 6. Kaapeliviidakko Maaherrankadun risteyksessä (Partanen, 2013-6-19).

5.5 Mittaukset

Rakentamisprosessin aikana laadukkaan lopputuloksen syntyminen varmistettiin lukuisten mittausten avulla. Paalulaattaa valmistettaessa korkoa ja suuntaa tarkkailtiin putkilaser- ja takymetrimittausten avulla. Valmistuneesta hulevesilinjasta otettiin tarkkeet takymetrillä. Lisäksi putkien saumat ja kallistukset tarkastettiin valvojan edustajan kanssa kulkemalla linjan sisällä taskulamppu kädessä. Tarkastukset suoritettiin aina, kun uusi kaivoväli oli valmistunut ja ennen kun täyttötöitä oli kokonaan suoritettu. Näin mahdolliset puutteet oli helppo korjata ilman kohtuuttomia kustannuksia. Muutamassa kohdassa linjaa putkien välinen sauma todettiin liian suureksi ja saumakohdan kestävyys varmistettiin valamalla valvojan ohjeiden mukaisesti putken ulkopuolelle kaulus sauman kohdalle. Vain halkaisijaltaan 1 400 mm hulevesiviemäri tarkistettiin kävelemällä linja läpi. Pienempien linjojen tarkastukset suoritettiin kuvaamalla. Kuvaamisen suoritti tilaajan hyväksymä taho. Hulevesiviemäriin arinasta, alkutäytöstä ja lopputäytöstä otettiin kantavuuskokeita Loadmann painonpudotuslaitteen avulla. Kokeet otettiin jokaisesta kerroksesta 30 m:n välein.

6 TYÖTURVALLISUUS JA LIIKENNEJÄRJESTELYT MATKAKESKUKSEN TYÖMAALLA

6.1 Työturvallisuus

Matkakeskuksen urakan kaikki työvaiheet toteutettiin Suomen Maastorakentaja Oy:n laatiman työturvallisuussuunnitelman mukaisesti. Suunnitelmalla varmistetaan, että jokainen työvaihe suoritetaan turvallisesti ihmiset ja ympäristö huomioiden. Lisäksi Suomen Maastorakentajat Oy:llä on selkeät työturvallisuusmääräykset, joita jokaisen työntekijän on velvollisuus noudattaa. Liikuttaessa työmaa-alueella on aina käytettävä kypärää, suojalaseja, turvakenkiä sekä standardien mukaisia huomiovärisiä työvaatteita. Eri työvaiheet toteutetaan aina ohjeistuksen mukaisesti ja käytetään tarvittaessa lisävarustusta, esimerkiksi tulitöitä tehtäessä sammutuskalusto ja vaatetus on oltava asianmukaisia. Työmaan turvallisuus tarkistetaan viikoittain MVR-mittauksella, joka paljastaa tarvittaessa turvallisuuspuutteet. Mikäli puutteita havaitaan, ne korjataan välittömästi. Matkakeskuksen työmaalla käytettiin myös sähköistä kulunvalvontaa, jokainen työmaalla asioiva henkilö oli velvollinen kirjautumaan sisään työmaalle tultaessa ja kirjautumaan ulos poistuttaessa.

6.2 Liikennejärjestelyiden lähtökohdat ja toteutus

Kuopion Matkakeskuksen alue sijaitsee hyvin vilkkaasti liikennöidyllä paikalla keskustan tuntumassa. Keskellä urakka-aluetta Puutarhakadun varressa on linja-autoasema, johon saapuu busseja tasaisena virtana viikon jokaisena päivänä. Alueella on myös runsaasti saattoliikennettä, kun busseissa kulkevia matkustajia saatetaan ja noudetaan asemalta. Urakka-alueen poikki kulkee Puijonkatu, joka on yleisimmin käytetty kulkureitti kuopion keskustaan. Puijonkadun ja Puutarhakadun risteys on todella ruuhkainen varsinkin aamuisin, kun ihmiset suuntaavat työpaikoilleen keskustaan ja iltapäivällä, kun työt päättyvät. Urakka-alueen itä laidalla on Maaherrankadun alikulkutunneli, joka ohjaa Linnanpellolta tulevan liikenteen keskustan suuntaan. Tunneli on myös hyvin vilkkaasti liikennöity. Alueella on myös lukuisia asuin- ja liikekiinteistöjä, joille on pidettävä esteetön kulku koko urakan ajan. Alueella on myös runsaasti kevyttä liikennettä ja lähistöllä sijaitsee myös useita kouluja, jonka vuoksi lapsia on runsaasti liikenteessä.

Alueella kulkevat väylät ovat niin keskeinen osa keskustaan suuntautuvaa liikennettä, ettei niiden sulkeminen rakennustöiden ajaksi ollut mahdollista. Ainoana poikkeuksena Maaherrankadun alikulkutunneli, joka oli lupa sulkea 40 päivän ajaksi. Liikennejärjestelyt toteutettiin Suomen Maastorakentajat Oy:n tekemän liikennejärjestelysuunnitelman mukaisesti. Autoille ja kevyelle liikenteelle rakennettiin kiertotiet rakennustöiden ajaksi. Rakennettava alue aidattiin selkeästi erilleen muusta alueesta. Työmaasta kertovat liikennemerkkit asennettiin niin, että ne olivat selkeästi näkyvillä tienkäyttäjille. Rakennettava alue oli niin laaja, että liikennejärjestelyjä jouduttiin muuttamaan useasti urakan eri vaiheissa. Kohdissa, joissa tilaa oli vain niukasti käytössä, käytettiin työnaikaisia liikennevaloja turvallisen liikenteen varmistamiseksi. Vilkasliikenteisten Puijonkadun ja Puutarhakadun risteyskohdalle rakennettaessa liikennejärjestelyt toteutettiin rakentamalla väliaikainen kiertoliittymä risteysalueelle. Kiertoliittymän paikkaa siirrettiin töiden edetessä niin, että liikenteen sujuvuus pys-

tyttiin varmistamaan. Kriittisissä työvaiheissa, joissa tilaa oli vähän, risteysalueella käytettiin myös liikenteenohjausta, turvallisen liikkumisen varmistamiseksi.

Kevyen liikenteen turvallisuus oli todella tärkeässä osassa liikennejärjestelyjä toteutettaessa, kevyt liikenne pyrittiinkin pitämään mahdollisimman kaukana työkohteista. Väliaikaiset kulkutiet rajattiin metallisilla aidoilla ja ympäristöön sijoitettiin lukuisia opastauluja selkeyttämään liikennejärjestelyjä. Väliaikaiset suojatiet varustettiin huomiovilkuin ja ajorataan tehtiin selkeät maalaukset.

Työmaasta johtuvaa raskasta liikennettä oli alueella paljon runsaasta massanvaihdesta johtuen. Raskas liikenne hoidettiin pääasiassa Puijonkadun risteuksen kautta. Kuorma-autojen odotus ja ka-setointipaikat järjestettiin työmaa-alueen sisälle. Työmaaliikenteen ja normaalin liikenteen liittymäkohdat pyrittiin järjestämään niin, että ulkopuoliselle liikenteelle aiheutuva haitta on mahdollisimman vähäinen.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyöni tavoitteena oli tehdä kattava raportti paalulaatalle perustettavan hulevesiviemärin työvaiheista ja esittää mahdollisuuksien mukaan työtekniisiä kehitysideoita. Yhteenvetoon olen koonnut asioita, joiden huomioiminen on tärkeää kustannustehokkaan lopputuloksen saavuttamisen kannalta.

Töiden yhteensovittaminen on tärkeässä osassa hyvän lopputuloksen kannalta. On tärkeää suunnitella työt niin, että siirtyminen eri työvaiheesta toiseen on joustavaa ja ettei turhia odotusaikoja tule. Kun paalutus- ja pontitustyöt suoritetaan samalla koneella, on varmistettava, että koneella on jatkuvasti työtä. Turha odottaminen tulee nopeasti kalliiksi. Kun kaivutyötä suoritetaan, ovat työt järjestettävä niin, että pontitus- ja paalutustyötä on mahdollista jatkaa samanaikaisesti eteenpäin. Kaivutyöt on suoritettava oikeanlaisella kalustolla, jos kaivaminen on hidasta vaikuttaa se merkittävästi koko työn etenemiseen. Matkakeskuksen työmaalla ponttikaivannon kaivutyöt suoritettiin Hitachin 21 t painavalla tela-alustaisella pitkäpuomikoneella. Mielestäni järeämmän kaivukaluston käyttäminen olisi ollut viisasta, sillä sitkeän savimaan kaivu oli paikoin hidasta.

Kun kaivumassoja ajetaan pois työmaalta, eikä tilaa läjitykselle ole, on ajossa olevien kuorma-autojen määrä valittava huolellisesti. Maalajia ja kaivuolosuhteita on tarkkailtava jatkuvasti. Jos kaivaminen on esimerkiksi kaapeleista johtuen hidasta, autoja on otettava työmaalla vähemmän. Työt on suunniteltava niin, että autoille on kokoajan ajoa ja ne voivat tuoda mahdollisimman usein paluukuormana esimerkiksi alkutäyttömateriaalia putkilinjalle. Hyvällä logistiikkasuunnittelulla saadaan aikaan huomattavia säästöjä.

Raudoitustyöt on viisasta toteuttaa kaivannon ulkopuolella. Toimivin ratkaisu on tehdä raudoitukset kuusi metriä pitkinä häkkeinä. Häkkejä on valmistettava niin, että niitä on aina saatavilla kun niitä tarvitaan. Raudoituspaikka on sijoitettava sellaiselle paikalle, että siitä on esteettömät kulkuyhteydet kaivannolle. Raudoituspaikkaa on viisasta siirtää töiden edetessä lyhyiden siirtomatkojen varmistamiseksi. Matkakeskuksen työmaalla paalulaatta valettiin yleensä kuusi metriä päivässä. Betonia kuuden metrin laattaan meni noin 5,5 m³, eli se tuli kätevästi yhdellä betoniautolla. Jos kaivutyötä nopeutettaisiin tehokkaammalla kaivinkoneella, olisi 12 m:n valaminen päivässä mahdollista. Muotituksessa on viisasta käyttää muottielementtejä, jotta muotitustyö nopeutuu.

Kaivojen nostotyöt suoritettiin Matkakeskuksen työmaalla ajoneuvonostureiden avulla. Nostotyöt on valmisteltava huolellisesti ennen nosturin saapumista työmaalle. Kun nostopaikka on hyvin valmisteltu, nostot on nopea suorittaa ja syntyy kustannussäästöjä. Ponttikaivannon tukipalkistoa rakennettaessa on tärkeää huomioida, että kaivannon poikittaispalkit eivät ole kaivon kohdalla. Jos palkki on kaivon kohdalla, nostotyöt hidastuvat huomattavasti. Kaivo on myös saatava sellaiseen asentoon, että putken lähtö osoittaa suoraan paalulaattalinjan keskelle. Jos kaivoa ei saada hyvään asentoon, jää seuraavaksi asennettavan putken sauma helposti auki. Avonaisten saumojen kohdalle joudutaan valamaan kaulus. Kaulusta tehtäessä muotitustyö on hidasta, sitä on siis syytä välttää. Kaivojen asentamisen helpottamiseksi ponttikaivanto on viisasta tehdä hieman leveämmäksi kaivon kohdalla.

Niin saadaan lisää työtilaa ja kaivojen asentaminen helpottuu. Tarvittaessa myös laatta on viisasta valaa leveämmäksi kaivon kohdalta, jolloin kaivoa voidaan tarvittaessa siirtää enemmän sivuttaissuunnassa ja voidaan välttyä turhilta valutöiltä.

Kokonaistaloudellisen lopputuloksen kannalta voidaan miettiä olisiko eri putkimateriaaleilla tai perustusmenetelmillä voitu saada aikaan kustannussäästöjä. Teräs olisi ollut ainut varteenotettava vaihtoehto putkimateriaaliksi. Sen painon ja lujuuden suhde on erinomainen ja sitä on saatavilla myös halkaisijaltaan suuriin putkilinjoihin. Lisäksi sen asentaminen on nopeaa betoniputkiin verrattuna. Vaikka terästä putkimateriaalina käyttämällä maahan kohdistuvia kuormia olisi saatu pienennettyä, niin uskon, että paalulaatan rakentamiselta ei olisi välttytty. Pohjamaan kantaavuus oli todella huonoa ja lisäksi pohjamaa oli hyvin häiriintymisherkkää. Hyvän lopputuloksen aikaansaaminen ilman paalulaattaa olisi ollut hyvin epätodennäköistä. Maaperää stabiloimalla paalulaatan ja kaaivannon tuennan tarve voidaan yleensä välttää. Maaperässä oli kuitenkin niin runsaasti suuria kiviä, ettei stabilointi ollut mahdollista. Mielestäni kohteessa käytetty perustusmenetelmä oli viisain ratkaisu kokonaiskustannuksia ajatellen. Kaupunkialueille rakennettaessa pitkäaikaiskestävyys ja huoltokustannusten minimointi ovat hyvin tärkeässä asemassa.

Mielestäni sain rakennettua kokonaisuuden paalulaatalle rakennettavan hulevesiviemärin työvaiheista. Työtä voidaan hyödyntää jatkossa vastaavanlaisten kohteiden toteutuksessa, työn tavoite siis toteutui.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

BETONI www-sivu. [Viitattu 2014-12-19.] Saatavissa:
<http://www.betoni.com/betonituotteet/putket-ja-renkaat>,

BETONI www-sivu. [Viitattu 2014-12-19.] Saatavissa:
<http://www.betoni.com/betonituotteet/putket-ja-renkaat/tuotteet-ja-niiden-valinta>,

BETONI www-sivu. [Viitattu 2014-12-19.] Saatavissa:
<http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/betonityot/betonointi>

BETONIRAKENTEET. Suomen Rakentamismääräyskokoelma B4. 2005. Ohjeet 2005. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. [Viitattu: 2014-12-18]. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/data/normit/28237-B4Betoni.pdf>

INFRARYL 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 2: Hulevesiviemärit. Helsinki: Rakennustieto Oy.

INFRARYL 2010a. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1: Väylät ja alueet. Arin rakenteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

INFRARYL 2010b. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1: Väylät ja alueet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

INFRARYL 2012. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1: Hulevesiviemärit. Helsinki: Rakennustieto Oy.

JÄÄSKELÄINEN, Raimo 2010. Maanrakennuksen ja louhinnan perusteet. Porvoo: Tammer-tekniikka.

PAALUTUSOHJE 2011, PO-2011. RIL 254-2011. 2011. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin liitto RIL ry.

PARTANEN, Teemu 2014. Opinnäytetyötä varten otetut kuvat. Matkakeskuksen työmaa Kuopio.

POHJARAKENTEET. Suomen Rakentamismääräyskokoelma B3. 2004. Määräykset ja ohjeet 2004. Helsinki: Ympäristöministeriö. [Viitattu: 2014-12-18]. Saatavissa:
<http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/b3.pdf>

RAKENNUSKAIVANTO-OHJE 1989, RKO-1989. RIL 181-1989. 1989. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin liitto RIL ry.

RAKENNUSTEOLLISUUS RT RY 2003. Betoniviemärit 2003. Jyväskylä: Gummerus.

RANTAMÄKI, Martti, JÄÄSKELÄINEN, Raimo ja TAMMIRINNE, Markku 1979. Geotekniikka. 22. painos. Helsinki: Hakapaino Oy.

RANTAMÄKI, Martti ja TAMMIRINNE, Markku 1979. Pohjarakennus. 11. painos. Helsinki: Otatieto Oy.

RAUTARUUKKI OYJ 2014. Ruukin teräspaalut, Suunnittelu- ja asennusohjeet. [Viitattu 2014-12-22.] Saatavissa:

<http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Infra/Teraspaalut%20esitteet%20ja%20ohjeet/Tekninen%20ohje%20EUROCODE%20-%20Ruukin%20terasmaalut%20Suunnittelu%20ja%20Asennusohjeet.pdf>

SUOMEN MAASTORAKENTAJAT OY www-sivu. [Viitattu 2014-12-18.] Saatavissa:

<http://www.maastorakentajat.fi/suomen-maastorakentajat-oy/>

TYÖSELOSTUS 2013. Matkakeskusalueen infran saneeraus työselostus. [Viitattu 2014-12-15.] Kuopio: Ramboll Finland Oy

TYÖSUOJELUHALLINTO 2010. Nostoapuvälineet, Turvallisuus. 2010. Tampere: Työsuojeluhallinto. [Viitattu 2014-12-19.] Saatavissa:

http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2011/01/TSO_12.pdf

YMPÄRISTÖHALLINTO www-sivu. [Viitattu 2014-12-05.] Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Vesi/Vesiensuojelu/Yhdyskunnat_ja_hajaasutus/Hulevesien_hallinnan_kehittaminen/Hulevesien_laatu_ja_vaikutukset](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Yhdyskunnat_ja_hajaasutus/Hulevesien_hallinnan_kehittaminen/Hulevesien_laatu_ja_vaikutukset)